

Resistência do feijoeiro à murcha de fusário mediada pelo silício

Luiz Antônio Zanão Júnior⁽¹⁾; Felipe Dalchiavon⁽²⁾; Wilson Story Venancio⁽³⁾

⁽¹⁾ Pesquisador; Instituto Agronômico do Paraná; Santa Tereza do Oeste, PR; Izanoa@iapar.br; ⁽²⁾ Estudante; Universidade Estadual de Ponta Grossa; ⁽³⁾ Professor; Universidade Estadual de Ponta Grossa.

RESUMO: Entre os fatores mais importantes que afetam a produtividade da cultura do feijoeiro estão às doenças. Dentre estas destaca-se a murcha de fusário (*Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*). O silício pode ser uma importante ferramenta no manejo integrado de doenças do feijoeiro. Este trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência do silício no aumento da resistência do feijoeiro (cv. IPR Uirapuru) à murcha de fusário. Os tratamentos foram gerados pelo esquema fatorial 2x3, sendo a aplicação ou não de silício (0,6 g kg⁻¹ de Si) e três concentrações de inóculo (0; 10⁷ e 5x10⁷ conídios por vaso). O delineamento estatístico adotado foi o de blocos ao acaso, com cinco repetições. A unidade experimental foi um vaso preenchido com 2 kg de solo, com duas plantas por vaso. A inoculação foi realizada com plantas em estágio V2 e as avaliações foram realizadas no estágio R5. Foi avaliada a severidade da murcha de fusário e produção de matéria seca da parte aérea das plantas. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. A utilização do Si proporcionou um aumento na resistência do feijoeiro à murcha de fusário, porém não influenciou a produção de matéria seca da parte aérea das plantas.

Termos de indexação: silicato, *Fusarium* sp., fitopatologia.

INTRODUÇÃO

O feijão é um dos principais constituintes da dieta dos brasileiros. O seu alto consumo é associado ao fato de ser excelente fonte de proteínas. Devido a sua importância é cultivado em praticamente todo o território nacional. Porém sua produtividade ainda é considerada baixa e insuficiente até mesmo para abastecer o mercado interno.

Dentre os principais fatores da queda de produtividade no feijoeiro estão às doenças, que podem provocar prejuízos severos da ordem de até 100 % de perda na produção, diminuindo as qualidades fisiológicas, nutricionais e sanitárias do produto colhido, afetando o preço e sua comercialização (Biazon, 2003).

Entre essas doenças podemos citar as que acometem o sistema radicular e dentre essas, a murcha de fusário (*Fusarium oxysporum* f. sp.

phaseoli). O fungo está presente no solo de muitas regiões produtoras de feijão (Sala et al., 2006).

O estado nutricional da lavoura afeta de forma significativa a resistência da planta ao ataque dos patógenos. Apesar da resistência da planta ser determinada geneticamente, o meio ambiente pode alterá-la, contudo as causas e os efeitos são bastante complexos, variando conforme o fertilizante ou nutriente utilizado e, também, de acordo com o patossistema (Zanão Júnior, 2007).

Vários trabalhos demonstraram que o Si reduz a severidade de doenças de plantas. O modo pelo qual o Si atua na resistência das plantas a doenças é bastante discutido na literatura. Os primeiros estudos concluem que pela sua participação na fortificação de estruturas da parede celular e no aumento da lignificação, a resistência é passiva. Esse elemento pode, também, potencializar mecanismos específicos de defesa como a produção de fitoalexinas (Menzies et al., 1991; Fawe et al., 1998) e o aumento na atividade de enzimas relacionadas à patogênese (Cai et al., 2008). Portanto, possui potencial para ser utilizado no manejo integrado de pragas e doenças da cultura do feijoeiro.

Para o feijoeiro, os trabalhos relativos ao emprego de Si são ainda incipientes e pouco conclusivos (Nascimento & Nascimento, 2005), especialmente aqueles que procuram esclarecer o modo pelo qual o Si atua na resistência das plantas às doenças.

Assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar a eficiência do silício no aumento da resistência do feijoeiro (cv. IPR Uirapuru) a murcha de fusário.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR) em Ponta Grossa, PR, entre os meses de março a maio de 2012. Foi avaliada a utilização do silício no aumento da resistência do feijoeiro a murcha de fusário (*Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*). Os tratamentos foram gerados pelo esquema fatorial 2x3, sendo a aplicação ou não de Si (0 e 0,6 g kg⁻¹) e três concentrações de inóculo (0; 10⁷ e 5x10⁷ conídios por vaso). O delineamento estatístico adotado foi o de blocos ao acaso, com cinco repetições.

O Latossolo Vermelho distrófico utilizado nos três experimentos foi coletado na fazenda Modelo

do IAPAR em Ponta Grossa - PR. Apresenta textura média (201 g kg^{-1} de argila) e foi amostrado na camada de 0-20 cm de profundidade. Possuía as seguintes características químicas: pH (CaCl_2) = 4,10; carbono = $20,6 \text{ g dm}^{-3}$; P (Mehlich-1) = $1,90 \text{ mg dm}^{-3}$; Si (CaCl_2) = 6 mg dm^{-3} ; H+Al = $7,20 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; K (Mehlich-1) = $0,25 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; Ca = $0,35 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; Mg = $0,55 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; CTC a pH 7,0 = $8,35 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; V = 13,8 %; Fe (Mehlich-1) = $65,04 \text{ mg dm}^{-3}$; Cu (Mehlich-1) = $0,83 \text{ mg dm}^{-3}$; Mn (Mehlich-1) = $19,16 \text{ mg dm}^{-3}$ e Zn (Mehlich-1) = $21,23 \text{ mg dm}^{-3}$.

Para correção da acidez do solo nos tratamentos que não receberam aplicação de Si, foi aplicado carbonato de cálcio (CaCO_3) na dose de $1,78 \text{ g kg}^{-1}$. Nos outros tratamentos foi aplicada a wollastonita (CaSiO_3), na dose de $2,31 \text{ g dm}^{-3}$, que é um corretivo de acidez do solo e fonte de Si. Com sua aplicação, foi fornecido $0,6 \text{ g kg}^{-1}$ de Si e a mesma quantidade de Ca que os outros tratamentos. Para todos os tratamentos também foi aplicado $0,30 \text{ g kg}^{-1}$ de MgCO_3 . O solo foi seco ao ar e peneirado em malha de 2 mm. Amostras de 2 kg foram colocadas em sacos plásticos juntamente com os materiais corretivos e homogeneizados e foi adicionada água deionizada para manter a umidade a 80-90 % da capacidade de campo. O solo ficou incubado por 30 dias. Após o período de incubação do solo com o corretivo, foram adicionadas 400 mg kg^{-1} de P (CaHPO_4) e misturadas a todo o volume do solo e colocados em vasos com capacidade de $2,5 \text{ dm}^3$. Em seguida, seis sementes da variedade IPR Uirapuru foram semeadas em uma profundidade de 3 cm, no dia 15 de março de 2012.

A unidade experimental foi formada por um vaso de $2,5 \text{ dm}^3$, preenchido com 2 kg de solo, contendo duas plantas de feijão. A irrigação foi controlada e igual para todos os vasos baseada no índice de evapotranspiração diária da cultura do feijoeiro.

O desbaste foi realizado dois dias após a emergência (DAE), deixando-se quatro plantas por vaso. Nesse dia foi realizada a primeira adubação, via solução nutritiva, fornecendo-se N, K, Mg e S e também micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn, Zn e Mo). Aos 5 DAE foi realizado o segundo desbaste deixando-se duas plantas por vaso. A segunda aplicação de N e micronutrientes foram aos 15 DAE. Ao todo, as aplicações (em mg kg^{-1}) foram de: 160 N; 210 K; 60 S; 60 Mg; 1 B; 1,5 Cu; 2 Fe; 3,5 Mn; 0,2 Mo e 5 Zn, usando as seguintes fontes de nutrientes: NH_4NO_3 , $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$, KCl, K_2SO_4 , MgSO_4 , H_3BO_3 , $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, e $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, conforme Zanão Júnior et al. (2009).

O inóculo foi multiplicado em meio de batata-dextrose-ágar (BDA) em placas de Petri. As placas foram incubadas em BOD durante trinta dias, com temperatura de $24 \text{ }^\circ\text{C}$ a $27 \text{ }^\circ\text{C}$, sob iluminação contínua.

A inoculação das plantas foi realizada quando elas encontravam-se no estágio fenológico V2. A suspensão de esporos foi preparada minutos antes da inoculação e ajustada na concentração de 10^6 conídios mL^{-1} (Pastor-Corrales & Abawi, 1987).

Foi perfurado o solo ao redor do caule, com um lápis em uma profundidade de 3 cm e depositada a suspensão de conídios com auxílio de uma seringa e uma pipeta.

A avaliação da severidade da doença foi feita no estágio R5 de desenvolvimento da cultura, com base em escala de notas (**Tabela 1**). Após a avaliação da severidade, a parte aérea das plantas foi colocada para secar em estufa com circulação forçada de ar a $60 \text{ }^\circ\text{C}$ por 72 h e depois pesada.

Os dados foram submetidos à análise de variância, e as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. O programa utilizado para análise foi o Assistat (Silva & Azevedo, 2006).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve diferença significativa para produção de matéria seca da parte aérea (PMSA) do feijoeiro (**Tabela 2**) em função das densidades de inóculo e aplicação ou não de Si. Isso deve-se provavelmente à época de avaliação desta variável. Ela foi realizada no estágio R5 de desenvolvimento da cultura e como a inoculação foi realizada no estágio V2, o desenvolvimento da doença foi de apenas 30 dias. Possivelmente, não houve tempo suficiente para reduzir a PMSA.

Em relação à severidade da murcha de fusário, houve interação significativa para doses de inóculo do fitopatógeno e níveis de silício (**Tabela 3**). Todos os tratamentos em que as plantas foram fertilizadas com Si e inoculadas apresentaram menor severidade da murcha de fusário em relação às plantas inoculadas e que não receberam aplicação desse elemento.

Quando o Si foi adicionado ao solo, a severidade da murcha de fusário foi igual entre as plantas não inoculadas e as inoculadas com a dose de 10^7 conídios por vaso e menor que a severidade das plantas inoculadas com 5×10^7 conídios por vaso. Nos tratamentos onde não houve aplicação de Si, a severidade foi crescente com o aumento da dose do inóculo.

O silício proporcionou diminuição na severidade da doença nos tratamentos que continham uma maior disponibilidade de silício.

Existe, atualmente, um consenso de que além da resistência mecânica podem existir alterações ocorridas nos sinais entre o patógeno e o hospedeiro, resultando na ativação mais rápida e prolongada de mecanismos de defesa da planta. Assim, segundo Cai et al. (2008), a redução causada pelo Si na severidade das doenças é um processo complexo. Ele não é limitado a barreiras mecânicas passivas (deposição e polimerização do Si abaixo da cutícula) ou à indução de reações bioquímicas (produção de compostos fenólicos), mas sim é resultado da atuação desses dois mecanismos.

CONCLUSÕES

A utilização do Si proporcionou um aumento na resistência do feijoeiro à murcha de fusário, porém não influenciou a produção de matéria seca da parte aérea das plantas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pela concessão de bolsa de Iniciação Científica à Felipe Dalchiavon e ao pesquisador Valdir Lourenço Júnior, do IAPAR, pelo fornecimento do inóculo.

REFERÊNCIAS

BIAZON, V. L. Crestamento bacteriano comum do feijoeiro: efeito da adubação nitrogenada e potássica e aspectos bioquímicos relacionados à doença. (Tese de Doutorado) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista. Botucatu, p.172, 2003.

CAI, K.; GAO, D.; LUO, S. et al. Physiological and cytological mechanisms of silicon-induced resistance in rice against blast disease. *Physiologia Plantarum*, 134:324-333, 2008.

FAWE, A.; ABOU, Z. M.; MENZIES, J.G. et al. Silicon mediated accumulation of flavonoid phytoalexins in cucumber. *Phytopathology*, 88:396-401, 1998.

MENZIES, J. G.; EHRET, D. L.; GLASS, A. D. M. et al. Effects of soluble silicon on the parasitic fitness of *Sphaerotheca fuliginea* on *Cucumis sativus*. *Phytopathology*, 81:84-88, 1991.

NASCIMENTO, R. S.; ARF, O. & NASCIMENTO, M. S. Aplicação de silício em feijão de inverno em solo de cerrado. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISAS DE FEIJÃO, 8., 2005. Anais. Goiânia: EMBRAPA/CNPAP, 2005. CD-ROM.

PASTOR CORRALES, M. A. & ABAWI, G. S. Reactions of selected bean germplasm to infection by *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*. *Plant Disease*, 71:990-993, 1987.

SALA, G. M.; ITO, M. F. & CARBONELL, S. A. M. Reação de genótipos de feijoeiro comum à quatro raças de *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*. *Summa Phytopathologica*, 32:286-287, 2006.

SILVA, F. A. S. & AZEVEDO, C. A. V. A New Version of The Assistat-Statistical Assistance Software. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 4, Orlando-FL-USA: Anais... Orlando: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2006. p.393-396.

ZANÃO JÚNIOR, L. A. Resistência do arroz à mancha-parda mediada por silício e manganês (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, p. 124, 2007.

ZANÃO JÚNIOR, L. A.; FONTES, R. L. F. & ÁVILA, V. T. Aplicação do silício para aumentar a resistência do arroz à mancha-parda. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 44:203-206, 2009.

Tabela 1 - Escala de severidade de *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli* (murcha de fusário) proposta por Pastor-Corrales & Abawi, (1987).

Notas	Descrição
1	Nenhum sintoma foliar ou vascular.
3	1 a 10 % de folhas sintomáticas, suave murchamento de plantas e descoloração vascular no hipocótilo.
5	11 a 25 % de folhas sintomáticas, moderada murcha nas plantas e descoloração vascular extensa até o primeiro nó.
7	26 a 50 % de folhas sintomáticas, severa murcha de plantas e descoloração vascular por toda a haste e pecíolo.
9	Planta morta.

Tabela 2 - Produção de matéria seca da parte aérea do feijoeiro (g) (cv. IPR Uirapuru) em função da aplicação de silício no solo e doses de inoculação do fungo *Fusarium oxysporum* f.sp. *phaseoli*. Ponta Grossa - PR, 2012.

Fonte	Dose de inóculo		
	0	10 ⁷	5x10 ⁷
- Si	8,3 aA	8,7 aA	7,7 aA
+ Si	8,5 aA	8,8 aA	9,0 aA

CV % = 13,14. Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si a 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 3 - Severidade de murcha de fusário *Fusarium oxysporum* f.sp. *phaseoli* em plantas de feijoeiro (cv. IPR Uirapuru), em função da aplicação de Si no solo e doses de inoculação do fungo *Fusarium oxysporum* f.sp. *phaseoli*. Ponta Grossa - PR, 2012.

Fonte	Dose de inóculo		
	0	10 ⁷	5x10 ⁷
- Si	1,0 aA	3,8 bB	5,4 bC
+ Si	1,0 aA	1,4 aA	3,4 aB

CV % = 38,49. Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si a 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.